# Informe del Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales

## Proyecto "Mina de Cobre Panamá"

## Preparado para

## Minera Panamá, S.A.

## Enero, 2014

# Informe del Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales

Proyecto "Mina de Cobre Panamá"

Preparado para:

Minera Panamá

Elaborado por:

CODESA
CORPORACIÓN DE DESARROLLO AMBIENTAL, S.A.

ISO 9001 icontec

CERTIFIED IQNet MANAGEMENT SYSTEM

CARBONO NEUTRO

Enero, 2014

| | Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|---|---|---|---|
| CODESA CORPORACIÓN DE DESARROLLO AMBIENTAL, S.A. | | | |
| | Responsable | Control de calidad | Gerencia |
| Idoneidad DIPROCA - AA-003-2012 | Venicia Cerrud | Roy Quintero | Karina Guillén |

# Índice

1. Introducción ..... 4
2. Objetivo general ..... 5
3. Objetivos específicos ..... 5
4. Aspecto metodológico ..... 5
4.1. Procedimiento para la toma de las muestras ..... 6
5. Sitios de muestreo ..... 7
6. Resultados ..... 8
7. Discusión ..... 27
8. Conclusiones ..... 34
9. Recomendaciones ..... 35
10. Bibliografía ..... 35
Anexos ..... 37
Anexo 1.Imágenes de la toma de muestras de agua superficial ..... 38
Anexo 2.Resultados de los análisis de laboratorio ..... 42

## 1. Introducción

La calidad del agua es afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial, la producción agrícola, el tratamiento a la que es sometida antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua y a la cantidad misma de agua presente en los ríos y lagos; ya que de ésta depende su capacidad de purificación (Hakanson et al. 2000).

El Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) y Social del Proyecto "Mina de Cobre Panamá", se presentó a la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), el 10 de septiembre de 2010 y se admitió en la fase de evaluación y análisis el 17 de septiembre de 2010. Posterior al cumplimiento de las formalidades y requisitos legales que establece la legislación panameña, la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), aprobó mediante la Resolución DIEORA IA 1210-2011 del 28 de diciembre de 2011 el estudio y su consecuente viabilidad ambiental y social.

El presente documento constituye el Séptimo Informe del Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales realizado en nueve puntos de muestreo (ocho puntos de agua dulce y un punto de agua salada). De los nueve puntos de monitoreo, cuatro (4) corresponden a los ríos: Río Pifá (W-45) cerca de la comunidad de Chicheme, Río Petaquilla (W-1) cerca del Campamento Petaquilla, en el Río Botija se sitúan dos puntos (W-49) cerca del Campamento Botija y (W-5) cerca de San Benito; los cuales se encuentran dentro del área de influencia directa de los trabajos de construcción del Camino Conector, Campamento El Dorado, Campamento Kiwara y su sitio de disposición de material estéril, Pit Botija, Cantera Camino Corto, Cantera Botija, Acceso Camino a la Costa, Campamento TMF y Cantera Old Petaquilla.

Los otros cinco (5) puntos se ubican en el área de Punta Rincón, de los cuales cuatro corresponden a las Poza de sedimentación 6 (PR-PZ6), Poza de sedimentación 7 (PR-PZ7), Poza de sedimentación 8 (PR-PZ8) y Poza de sedimentación 9 (PR-PZ9); por último, el punto de agua de mar (PR-M1) corresponde a la muestra tomada a 200 m aproximadamente del Módulo Flotante o "Combifloat".

Se consideró como referencia de cumplimiento, los valores establecidos para aguas naturales contenidos en el Anteproyecto de Decreto Ejecutivo, mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (Clase 1C y Clase 1M) en la República de Panamá.

## 2. Objetivo general

Evaluar la calidad de las aguas superficiales de los ríos: Río Pifa (W-45) cerca de la comunidad de Chicheme, Río Petaquilla (W-1) cerca del Campamento Petaquilla y dos puntos situados en el Río Botija que corresponden a (W-49) cerca del Campamento Botija y (W-5) cerca de San Benito; los cuales se sitúan dentro del área de influencia directa de los trabajos de construcción del Camino Conector, Campamentos El Dorado, Campamento Kiwara y sus sitios de disposición de material estéril, Pit Botija, Cantera Camino Corto, Cantera Botija, Acceso Camino a la Costa, Campamento TMF y Cantera Old Petaquilla y área costera aledaña al Proyecto *"Mina de Cobre Panamá*".

## 3. Objetivos específicos

- Tomar muestras de agua superficial en el área de influencia de los trabajos de construcción en Camino Conector, Campamento El Dorado, Campamento Kiwara y sus sitios de disposición de material estéril, Pit Botija, Cantera Camino Corto, Cantera Botija, Acceso Camino a la Costa, Campamento TMF y Cantera Old Petaquilla.
- Caracterizar las muestras de agua superficial colectadas tomadas.
- Comparar los resultados de los monitoreos con los valores establecidos en el Anteproyecto de Decreto Ejecutivo, mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales Clase 1C y Clase 1M en la República de Panamá.

## 4. Aspecto metodológico

Los muestreos fueron efectuados por personal del Laboratorio Inspectorate Panamá, S.A., bajo la supervisión del personal del Departamento de Ambiente de Minera Panamá S.A. y de la empresa Corporación de Desarrollo Ambiental, durante los días 20, 21 y 22 de enero de 2014.

La toma de muestras se realizó en función de las especificaciones establecidas en la Resolución 596 del 12 de noviembre de 1999, promulgada por el Ministerio de Comercio e Industrias, mediante la cual se aprueba el Reglamento Técnico DGNTI[1]-COPANIT[2] 21-393-99. AGUA. Calidad de Agua. Toma de Muestras.

El registro de Imágenes de este muestreo se adjunta en el Anexo 1.

El análisis de las muestras lo realizó el Laboratorio Inspectorate Panamá, S.A. de acuerdo al *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, edición 21 del 2005 y EPA[3]-8015-B.

### 4.1. Procedimiento para la toma de las muestras

- Lavar los envases con el agua de la quebrada o río donde se tomará la muestra, antes de recogerla.
- Tomar muestras simples en el centro de la corriente, o en un punto representativo del cuerpo de agua superficial, luego de verificar que el agua fluya en el sitio y no sea agua estancada o sin flujo de corriente.
- Recoger las muestras en envases de boca ancha, con capacidad de 1 litro, de material de vidrio o plástico, según el tipo de análisis requerido.
- Introducir los envases con la boca hacia la corriente y lejos de la mano de quien toma la muestra.
- Etiquetar y rotular los envases debidamente, para cada una de las muestras.
- Preservar las muestras según el tipo de análisis requerido.
- Colocar las muestras en hielo a una temperatura de 4º C.
- Llenar la cadena de custodia.
- Llevar las muestras al laboratorio para sus respectivos análisis físico-químicos y biológicos, cumpliendo con la cadena de custodia.

[1] DGNTI: Dirección General de Normas y Tecnología Industrial.
[2] COPANIT: Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas.
[3] EPA: Environmental Protection Agency.

- Interpretar los resultados de los análisis físico-químicos y biológicos.

## 5. Sitios de muestreo

El establecimiento de los puntos de muestreo se basa principalmente en el avance del Proyecto, ubicación de las áreas afectadas por los trabajos y su cercanía a los cuerpos de agua superficiales. Por esta razón, se tomaron en cuenta los Puntos que se sitúan dentro del área de influencia directa de los trabajos de construcción del Camino Conector, Campamento El Dorado y Campamento Kiwara, Depósito de material estéril del Campamento El Dorado y Campamento Kiwara, Pit Botija, Cantera Camino Corto, Cantera Botija, Camino a la Costa, Campamento TMF y Cantera Old Petaquilla.

Los Puntos PR-PZ6, PR-PZ7, PR-PZ8 y PR-PZ9 se establecieron en las pozas de sedimentación ubicadas en la desembocadura de cuatro quebradas sin nombre en el área de Punta Rincón, donde se realizan trabajos de movimiento de tierra y nivelación de terreno. El punto de muestreo de agua de mar (PR-M1) se estableció con la finalidad de conocer la calidad de las aguas cercanas a los trabajos en el Módulo Flotante o "Combifloat".

Los nueve (9) puntos de muestreo se presentan en la Tabla 1 con sus respectivas coordenadas.

Tabla 1. Ubicación de los sitios de muestreo

| Punto de aguas superficiales | Coordenadas |
|---|---|
| W-1 (Río Petaquilla) | 0533153 E; 0977272 N |
| W-5 (San Benito) | 0541993 E; 0976776 N |
| W-49 (Rio Botija- Camp. Botija) | 0538526 E; 0976843 N |
| W-45 (Río Pifá) | 0539258 E; 0981572 N |
| PR-PZ6 | 0533441 E; 0995960 N |
| PR-PZ7 | 0533365 E; 0995715 N |
| PR-PZ8 | 0533351 E; 0995620 N |
| PR-PZ9 | 0533216 E; 0995484 N |

| Punto de aguas superficiales | Coordenadas |
|---|---|
| **Punto de Muestreo de agua de mar** | |
| PR-M1 | 0533324 E; 0996123 N |

Fuente: CODESA, 2014.

## 6. Resultados

En las Tablas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 se presentan los resultados obtenidos de las muestras colectadas para cada uno de los puntos de muestreo, de acuerdo a los análisis de laboratorio que se adjuntan en el Anexo 2.

Tabla 2. Caracterización de las aguas superficiales. Punto de Muestreo W-1

| Parámetro | Unidades | Línea Base[1] | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Potencial de Hidrógeno | pH | 6,4 | 6,77 | 7,35 | 7,18 | 7,38 | 6,5-8,5 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | - | 8.41 | 7,51 | 7,35 | 6,94 | >6 |
| Turbiedad | NTU | 14,09 | 1,30 | 84,40 | 107,9 | 107,9 | <100 (época lluviosa) <50 (época seca) |
| Temperatura | ΔT ºC | 25,14 | 24,2 | 25,0 | 24,6 | 23,8 | ± 2 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | $DBO_5$ mg/L | 15,63 | 43 | <2 | <2 | <2 | <3 |
| Coliformes Fecales | UFC/100ml | 725 | 230 | 330 | 640 | 5400 | <250 |
| Nitratos | $N\text{-}NO_3$ mg/L | 0,129 | <0,01 | 0,06 | 3,70 | 0,13 | <10 |
| Fósforo | $P\text{-}PO_4$ mg/L | - | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,7(época lluviosa), <0,12 (época seca) |
| Arsénico Total | µg/ L | 0,26 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Cadmio Total | µg/ L | - | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Cromo Total | µg/ L | 0,25 | <1 | <1 | <1 | <1 | <50 |
| Mercurio Total | µg/ L | - | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,2 |
| Plomo Total | µg/ L | 0,31 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 36,63 | 25.1 | 25,0 | 26,8 | 43,55 | <500 |
| Aceites y Grasas | mg/L | <2 | 2,8 | <2 | 6 | <2 | <10 |
| Detergentes | mg/L | - | 0,49 | 0,57 | <0,05 | <0,05 | <0,5 |
| Clorofila a | µg/L | - | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <20 |

| Parámetro | Unidades | Línea Base[1] | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nitritos | mg/ L | - | 0,032 | 0,026 | <0,0014 | <0,0014 | <1,0 |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L | - | 0,41 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <1,0 |
| Cloruros | mg/L | 2,92 | 5,0 | 4,21 | 2,29 | 4,2 | <250 |
| Sulfatos | mg/ L | 3,87 | 7,2 | 11,0 | 5,03 | 7,47 | <250 |
| Sulfuros | mg/L | - | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,002 |
| Aluminio | µg/ L | 48,55 | 50 | 520 | 4140 | <1 | <100 |
| Boro | µg/ L | 17,73 | <1 | <1 | <1 | <1 | <500 |
| Cianuro | µg/ L | - | <5 | <5 | <0,2 | <0,2 | <5 |
| Cloro Residual | µg/ L | - | 70 | <10 | 680 | 50 | <10 |
| Cobre | µg/ L | 8,35 | <1 | 0,33 | 120 | <1 | <10 |
| Flúor Total | µg/ L | - | 220 | 920 | 85,8 | 85,8 | <750 |
| Hierro Disuelto | µg/ L | - | 600 | 960 | 708 | 374 | <300 |
| Níquel | µg/ L | 0,32 | <1 | <1 | <1 | <1 | <25 |
| Selenio Total | µg/ L | 0,32 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Zinc Total | µg/ L | 5,27 | 150 | <1 | 200 | 23 | <180 |
| Vanadio | µg/ L | - | - | <1 | <1 | <1 | NR |

1.- Contenida en el Anexo VIII (Línea Base de Calidad de Agua y Sedimentos) del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Mina de Cobre Panamá".

2.- Anteproyecto de Decreto Ejecutivo mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (Clase 1C) en la República de Panamá.

Tabla 3. Caracterización de las aguas superficiales. Punto de Muestreo W-5

| Parámetro | Unidades | Línea Base[1] | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Potencial de Hidrógeno | pH | 7,3 | 7,87 | 7,84 | 7,98 | 7,74 | 6,5-8,5 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | - | 8,35 | 7,69 | 7,83 | 6,03 | >6 |
| Turbiedad | NTU | 16,66 | 13,18 | 5,88 | 51,0 | 6,15 | <100 (época lluviosa) <50 (época seca) |
| Temperatura | ΔT ºC | 25,8 | 26,2 | 24,9 | 24,8 | 24,3 | ± 2 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | $DBO_5$ mg/L | - | 44 | <2 | <2 | <2 | <3 |
| Coliformes Fecales | UFC/100ml | 1,42 | 870 | 330 | 270 | 520 | <250 |
| Nitratos | $N\text{-}NO_3$ mg/L | 0,09 | <0,01 | 0,01 | 1,32 | 0,11 | <10 |
| Fósforo | $P\text{-}PO_4$ mg/L | - | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,7 (época lluviosa), <0,12 (época seca) |
| Arsénico Total | µg/ L | 0.0026 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Cadmio Total | µg/ L | - | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Cromo Total | µg/ L | 0.00038 | <1 | <1 | <1 | <1 | <50 |
| Mercurio Total | µg/ L | - | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,2 |
| Plomo Total | µg/ L | - | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 55,1 | 56,5 | 57,8 | 47,5 | 91,65 | <500 |
| Aceites y Grasas | mg/L | 2,27 | 4,2 | <2 | 8 | <2 | <10 |
| Detergentes | mg/L | - | 0,39 | 0,52 | <0,05 | 0,08 | <0,5 |
| Clorofila a | µg/L | - | <10 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <20 |
| Nitritos | mg/ L | - | 0,033 | <0,010 | <0,0014 | <0,0014 | <1,0 |

| Parámetro | Unidades | Línea Base[1] | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L | - | 0,43 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <1,0 |
| Cloruros | mg/L | 3,53 | 5,6 | 5,14 | 5,14 | 4,6 | <250 |
| Sulfatos | mg/ L | 4,54 | 10,7 | 5,7 | 6,94 | 3,71 | <250 |
| Sulfuros | mg/L | - | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,002 |
| Aluminio | µg/ L | 305 | 300 | 560 | 1520 | 141 | <100 |
| Boro | µg/ L | 17 | <1 | <1 | <1 | <1 | <500 |
| Cianuro | µg/ L | - | <5 | <5 | <0,2 | <0,2 | <5 |
| Cloro Residual | µg/ L | - | 150 | 220 | 300 | 320 | <10 |
| Cobre | µg/ L | - | <1 | <1 | <1 | <1 | <10 |
| Flúor Total | µg/ L | - | 280 | 220 | 95,4 | 114,3 | <750 |
| Hierro Disuelto | µg/ L | - | 950 | 850 | 594,3 | 812 | <300 |
| Níquel | µg/ L | - | <1 | <1 | <1 | <1 | <25 |
| Selenio Total | µg/ L | - | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Zinc Total | µg/ L | - | 170 | <1 | <1 | 24 | <180 |
| Vanadio | µg/ L | - | - | <1 | <1 | <1 | NR |

1.- Contenida en el Anexo VIII (Línea Base de Calidad de Agua y Sedimentos) del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Mina de Cobre Panamá".

2.- Anteproyecto de Decreto Ejecutivo mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (clase 1C) en la República de Panamá.

Tabla 4. Caracterización de las aguas superficiales. Punto de Muestreo W-49

| Parámetro | Unidades | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Potencial de Hidrógeno | pH | 6,77 | 7,23 | 7,73 | 7,73 | 6,5-8,5 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 8.41 | 6,69 | 7,49 | 6,73 | >6 |
| Turbiedad | NTU | 1,30 | 5,88 | 25,9 | 25,9 | <100 (época lluviosa) <50 (época seca) |
| Temperatura | ΔT ºC | 24,2 | 24,6 | 27,0 | 24,7 | ± 2 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | $DBO_5$ mg/L | 43 | <2 | <2 | <2 | <3 |
| Coliformes Fecales | UFC/100ml | 230 | 760 | 570 | 4000 | <250 |
| Nitratos | $N\text{-}NO_3$ mg/L | <0,01 | 0,47 | 1,65 | 0,40 | <10 |
| Fósforo | $P\text{-}PO_4$ mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,7(época lluviosa), <0,12 (época seca) |
| Arsénico Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Cadmio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Cromo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <50 |
| Mercurio Total | µg/ L | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,2 |
| Plomo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 25.1 | 68,5 | 47,5 | 88,4 | <500 |
| Aceites y Grasas | mg/L | 2,8 | <2 | 3 | <2 | <10 |
| Detergentes | mg/L | 0,49 | 0,47 | 0,07 | 0,23 | <0,5 |

| Parámetro | Unidades | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Clorofila a | µg/L | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <20 |
| Nitritos | mg/ L | 0,032 | <0,010 | <0,0014 | <0,0014 | <1,0 |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L | 0,41 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <1,0 |
| Cloruros | mg/L | 5,0 | 5,61 | 3,29 | 5,6 | <250 |
| Sulfatos | mg/ L | 7,2 | 13,6 | 8,05 | 11,23 | <250 |
| Sulfuros | mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,002 |
| Aluminio | µg/ L | 50 | 2970 | 550 | 173 | <100 |
| Boro | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <500 |
| Cianuro | µg/ L | <5 | <5 | <0,2 | <0,2 | <5 |
| Cloro Residual | µg/ L | 70 | <10 | 540 | 1290 | <10 |
| Cobre | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <10 |
| Flúor Total | µg/ L | 220 | 220 | 93,20 | 93,20 | <750 |
| Hierro Disuelto | µg/ L | 600 | 350 | 214,8 | 152 | <300 |
| Níquel | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <25 |
| Selenio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Zinc Total | µg/ L | 150 | <1 | 224 | 24 | <180 |
| Vanadio | µg/ L | - | <1 | <1 | <1 | NR |

2.- Anteproyecto de Decreto Ejecutivo mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (Clase 1C) en la República de Panamá.

Tabla 5. Caracterización de las aguas superficiales. Punto de Muestreo W-45

| Parámetro | Unidades | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Potencial de Hidrógeno | pH | 7,07 | 7,48 | 7,68 | 7,38 | 6,5-8,5 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 7,88 | 7,01 | 7,12 | 6,00 | >6 |
| Turbiedad | NTU | 5,88 | 11,14 | 6,15 | 51,0 | <100 (época lluviosa) <50 (época seca) |
| Temperatura | ΔT ºC | 26,6 | 24,2 | 25,4 | 24,2 | ± 2 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | $DBO_5$ mg/L | 45 | <2 | <2 | <2 | <3 |
| Coliformes Fecales | UFC/100ml | 150 | 760 | 210 | 29000 | <250 |
| Nitratos | $N\text{-}NO_3$ mg/L | 0,01 | <0,01 | 1,91 | <0,0014 | <10 |
| Fósforo | $P\text{-}PO_4$ mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,7 (época lluviosa), <0,12 (época seca) |
| Arsénico Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Cadmio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Cromo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <50 |
| Mercurio Total | µg/ L | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,2 |
| Plomo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 49 | 47,0 | 40,1 | 66,95 | <500 |
| Aceites y Grasas | mg/L | <2 | <2 | 168 | <2 | <10 |
| Detergentes | mg/L | 0,09 | 0,46 | 0,06 | 0,10 | <0,5 |
| Clorofila a | µg/L | <10 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <20 |

| Parámetro | Unidades | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nitritos | mg/ L | 0,037 | 0,05 | <0,0014 | <0,0014 | <1,0 |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L | 0,48 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <1,0 |
| Cloruros | mg/L | 4,7 | 4,67 | 2,43 | 4,4 | <250 |
| Sulfatos | mg/ L | 1,6 | 1,9 | 2,36 | 3,79 | <250 |
| Sulfuros | mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,002 |
| Aluminio | µg/ L | 130 | 350 | 90 | 471 | <100 |
| Boro | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <500 |
| Cianuro | µg/ L | <5 | <5 | <0,2 | <0,2 | <5 |
| Cloro Residual | µg/ L | 150 | <10 | 90 | 750 | <10 |
| Cobre | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <10 |
| Flúor Total | µg/ L | 220 | 120 | <114,3 | 95,4 | <750 |
| Hierro Disuelto | µg/ L | 510 | 860 | 609 | 438 | <300 |
| Níquel | µg/ L | 1 | <1 | <1 | <1 | <25 |
| Selenio Total | µg/ L | 1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Zinc Total | µg/ L | 60 | <1 | 230 | 38 | <180 |
| Vanadio | µg/ L | - | <1 | <1 | <1 | NR |

2.- Anteproyecto de Decreto Ejecutivo mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (Clase 1C) en la República de Panamá.

Tabla 6. Caracterización de las aguas superficiales. Punto de Muestreo PR-PZ6

| Parámetro | Unidades | 2do Informe | 3er Informe | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Potencial de Hidrógeno | pH | 7,75 | 6,62 | 6,84 | 6,88 | 7,03 | 7,17 | 6,5-8,5 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 7,48 | 7,30 | 5,66 | 6,43 | 5,85 | 4,60 | >6 |
| Turbiedad | NTU | 5,43 | 9,95 | 28,71 | 18,47 | 14,8 | 41,94 | <100 (época lluviosa) <50 (época seca) |
| Temperatura | ΔT ºC | 28,9 | 26,1 | 27,0 | 26,8 | 27,0 | 26,7 | ± 2 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | $DBO_5$ mg/L | 4 | 18 | 45 | <2 | <2 | <2 | <3 |
| Coliformes Fecales | UFC/100ml | 5600 | 590 | 270 | 370 | 420 | 3600 | <250 |
| Nitratos | $N\text{-}NO_3$ mg/L | <0,01 | <0,01 | 1,49 | 0,77 | 13,82 | 0,33 | <10 |
| Fósforo | $P\text{-}PO_4$ mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,7 (época lluviosa), <0,12 (época seca) |
| Arsénico Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Cadmio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Cromo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <50 |
| Mercurio Total | µg/ L | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,2 |
| Plomo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 3090 | 42,5 | 91,7 | 95,0 | 106 | 144,95 | <500 |

| Parámetro | Unidades | 2do Informe | 3er Informe | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aceites y Grasas | mg/L | <2 | <2 | 3,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <10 |
| Detergentes | mg/L | <0,10 | <0,01 | 0,11 | 0,75 | <0,05 | 0,14 | <0,5 |
| Clorofila a | µg/L | <1 | <1 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <20 |
| Nitritos | mg/ L | 0,027 | 0,041 | 0,021 | 0,202 | <0,0014 | 0,030 | <1,0 |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L | <0,05 | <0,05 | 0,57 | 0,16 | <0,05 | 0,10 | <1,0 |
| Cloruros | mg/L | 1300 | 14,9 | 17,8 | 16,3 | 6,52 | 4,6 | <250 |
| Sulfatos | mg/ L | 228,48 | 8,07 | 18,9 | 31,0 | 25,71 | 25,15 | <250 |
| Sulfuros | mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0.05 | <0,05 | <0,05 | <0,002 |
| Aluminio | µg/ L | 1030 | 390 | 330 | 7690 | 340 | 58 | <100 |
| Boro | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <500 |
| Cianuro | µg/ L | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Cloro Residual | µg/ L | <10 | <10 | 46 | 700 | <0,010 | 340 | <10 |
| Cobre | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <10 |
| Flúor Total | µg/ L | <10 | <10 | 190 | 210 | 116 | 69 | <750 |
| Hierro Disuelto | µg/ L | 2010 | 1010 | 1280 | 3850 | 610 | 130 | <300 |
| Níquel | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <25 |
| Selenio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Zinc Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | 230 | 260 | <180 |
| Vanadio | µg/ L | - | - | - | <1 | <1 | <1 | NR |

2.- Anteproyecto de Decreto Ejecutivo mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (Clase 1C) en la República de Panamá.

Tabla 7. Caracterización de las aguas superficiales. Punto de Muestreo PR-PZ7

| Parámetro | Unidades | 2do Informe | 3er Informe | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Potencial de Hidrógeno | pH | 7,53 | 6,90 | 6,92 | 6,04 | 7,73 | 7,08 | 6,5-8,5 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 6,30 | 8,59 | 6,10 | 7,28 | 7,13 | 4,84 | >6 |
| Turbiedad | NTU | 5,26 | 11,03 | 6,84 | 88,78 | 21,4 | 15,57 | <100 (época lluviosa) <50 (época seca) |
| Temperatura | ΔT ºC | 27,9 | 26,6 | 26,6 | 26,8 | 27,4 | 27,7 | ± 2 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | $DBO_5$ mg/L | 5 | 36 | 47 | <2 | <2 | <2 | <3 |
| Coliformes Fecales | UFC/100ml | 620 | 330 | 230 | 4000 | 640 | 720 | <250 |
| Nitratos | $N\text{-}NO_3$ mg/L | <0,01 | <0,01 | 0,26 | 0,27 | 0,68 | 0,52 | <10 |
| Fósforo | $P\text{-}PO_4$ mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,7 (época lluviosa), <0,12 (época seca) |
| Arsénico Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Cadmio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Cromo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <50 |
| Mercurio Total | µg/ L | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,2 |
| Plomo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 39,5 | 31,6 | 54,3 | 47,7 | 95 | 163,50 | <500 |

| Parámetro | Unidades | 2do Informe | 3er Informe | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aceites y Grasas | mg/L | <2 | <2 | 1,4 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <10 |
| Detergentes | mg/L | <0,10 | <0,10 | 1,30 | 0,57 | 0,10 | 0,10 | <0,5 |
| Clorofila a | µg/L | <1 | <1 | <10 | <10,0 | <10 | <10 | <20 |
| Nitritos | mg/ L | 0,029 | 0,028 | 0,032 | 0,076 | <0,0014 | 0,016 | <1,0 |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L | <0.05 | <0,05 | 0,47 | 0,06 | <0,05 | 0,12 | <1,0 |
| Cloruros | mg/L | 20,0 | 20,1 | 12,5 | 5,14 | 6,47 | 10,7 | <250 |
| Sulfatos | mg/ L | 12,09 | 10,88 | 17,9 | 26,9 | 18,65 | 51,35 | <250 |
| Sulfuros | mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,002 |
| Aluminio | µg/ L | 290 | 350 | 110 | 5260 | 310 | <1 | <100 |
| Boro | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <500 |
| Cianuro | µg/ L | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Cloro Residual | µg/ L | <10 | <10 | 31 | 150 | 280 | 180 | <10 |
| Cobre | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <10 |
| Flúor Total | µg/ L | <10 | <10 | 280 | 120 | 71,4 | 150 | <750 |
| Hierro Disuelto | µg/ L | 2010 | 1160 | 1550 | 3530 | 51,2 | 19 | <300 |
| Níquel | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <25 |
| Selenio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Zinc Total | µg/ L | <1 | <1 | 50 | 50 | 210 | 47 | <180 |
| Vanadio | µg/ L | - | - | - | <1 | <1 | <1 | NR |

2.- Anteproyecto de Decreto Ejecutivo mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (Clase 1C) en la República de Panamá.

Tabla 8. Caracterización de las aguas superficiales. Punto de Muestreo PR-PZ8

| Parámetro | Unidades | 2do Informe | 3er Informe | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Potencial de Hidrógeno | pH | 7,41 | 6,62 | 7,18 | 7,07 | 7,16 | 7,16 | 6,5-8,5 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 6,24 | 7,30 | 7,18 | 6,02 | 2,75 | 4,91 | >6 |
| Turbiedad | NTU | 5,86 | 4,61 | 9,28 | 340,03 | 21,3 | 17,77 | <100 (época lluviosa) <50 (época seca) |
| Temperatura | ΔT ºC | 29,4 | 27,0 | 27 | 25,6 | 27,2 | 26,9 | ± 2 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | $DBO_5$ mg/L | 2 | 20 | 43 | <2 | <2 | <2 | <3 |
| Coliformes Fecales | UFC/100ml | 820 | 2200 | 4100 | 7300 | 520 | 720 | <250 |
| Nitratos | $N\text{-}NO_3$ mg/L | <0,01 | 0,029 | 3,94 | 0,81 | 138,70 | 7,20 | <10 |
| Fósforo | $P\text{-}PO_4$ mg/L | <0,05 | <0,05 | 1,0 | <0.05 | <0,05 | <0,05 | <0,7 (época lluviosa), <0,12 (época seca) |
| Arsénico Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Cadmio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Cromo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <50 |
| Mercurio Total | µg/ L | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0.01 | <0,01 | <0,01 | <0,2 |
| Plomo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 61,7 | 42,5 | 238 | 72,6 | 273 | 285,35 | <500 |
| Aceites y Grasas | mg/L | <2 | <2 | 4,4 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <10 |

| Parámetro | Unidades | 2do Informe | 3er Informe | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Detergentes | mg/L | <0,10 | 0,07 | 0,49 | 0,62 | <0,05 | 0,12 | <0,5 |
| Clorofila a | µg/L | <1 | <1 | <10 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <20 |
| Nitritos | mg/ L | 0,027 | 0,029 | 2,34 | 0,058 | <0,50 | 0,018 | <1.0 |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L | <0,05 | <0,05 | 2,41 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <1,0 |
| Cloruros | mg/L | 37,0 | 6,0 | 36 | 23,3 | 18,40 | 10,7 | <250 |
| Sulfatos | mg/ L | 10,29 | 17,81 | 33,1 | 35,3 | 32,82 | 50,67 | <250 |
| Sulfuros | mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,002 |
| Aluminio | µg/ L | 210 | 190 | 260 | 25090 | 460 | <1 | <100 |
| Boro | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <500 |
| Cianuro | µg/ L | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Cloro Residual | µg/ L | <10 | <10 | 80 | <0,010 | 320 | 370 | <10 |
| Cobre | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <10 |
| Flúor Total | µg/ L | <10 | 1180 | 280 | 780 | 99,1 | 99,1 | <750 |
| Hierro Disuelto | µg/ L | 980 | 370 | 2480 | 2480 | 172,7 | 67 | <300 |
| Níquel | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <25 |
| Selenio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Zinc Total | µg/ L | <1 | <1 | 20 | <1 | 140 | 67 | <180 |
| Vanadio | µg/ L | - | - | - | <1 | <1 | <1 | NR |

2.- Anteproyecto de Decreto Ejecutivo mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (Clase 1C) en la República de Panamá.

Tabla 9. Caracterización de las aguas superficiales. Punto de Muestreo PR-PZ9

| Parámetro | Unidades | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|
| Potencial de Hidrógeno | pH | 7,50 | 7,36 | 6,5-8,5 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 7,12 | 5,30 | >6 |
| Turbiedad | NTU | 16,9 | 25,23 | <100 (época lluviosa)<br><50 (época seca) |
| Temperatura | ΔT ºC | 27,0 | 26,2 | ± 2 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | $DBO_5$ mg/L | <2 | <2 | <3 |
| Coliformes Fecales | UFC/100ml | 170 | 67 | <250 |
| Nitratos | $N\text{-}NO_3$ mg/L | 3,64 | 0,18 | <10 |
| Fósforo | $P\text{-}PO_4$ mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,7 (época lluviosa),<br><0,12 (época seca) |
| Arsénico Total | µg/ L | <1 | <1 | <5 |
| Cadmio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 |
| Cromo Total | µg/ L | <1 | <1 | <50 |
| Mercurio Total | µg/ L | <0,01 | <0,01 | <0,2 |
| Plomo Total | µg/ L | <1 | <1 | <5 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 78,4 | 50,05 | <500 |
| Aceites y Grasas | mg/L | <2,0 | <2,0 | <10 |
| Detergentes | mg/L | 0,62 | 0,10 | <0,5 |
| Clorofila a | µg/L | <10,0 | <10,0 | <20 |

| Parámetro | Unidades | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-C[2] |
|---|---|---|---|---|
| Nitritos | mg/ L | <0,0014 | 0,023 | <1.0 |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L | <0,05 | <0,05 | <1,0 |
| Cloruros | mg/L | 6,07 | 5,8 | <250 |
| Sulfatos | mg/ L | 9,06 | 9,63 | <250 |
| Sulfuros | mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,002 |
| Aluminio | µg/ L | 540 | 364 | <100 |
| Boro | µg/ L | <1 | <1 | <500 |
| Cianuro | µg/ L | <5 | <5 | <5 |
| Cloro Residual | µg/ L | 200 | 200 | <10 |
| Cobre | µg/ L | <1 | <1 | <10 |
| Flúor Total | µg/ L | 190 | 190 | <750 |
| Hierro Disuelto | µg/ L | 461,1 | 368 | <300 |
| Níquel | µg/ L | <1 | <1 | <25 |
| Selenio Total | µg/ L | <1 | <1 | <5 |
| Zinc Total | µg/ L | <1 | 47 | <180 |
| Vanadio | µg/ L | <1 | <1 | NR |

2.- Anteproyecto de Decreto Ejecutivo mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (Clase 1C) en la República de Panamá.

Tabla 10. Caracterización de las aguas superficiales. Punto de Muestreo PR-M1 (Agua de Mar)

| Parámetro | Unidades | 2do Informe | 3er Informe | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-M[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Potencial de Hidrógeno | pH | 8,29 | 7,39 | 8,04 | 8,38 | 8,38 | 8,09 | 6,5-9 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 7,44 | 7,30 | 8,02 | 6,15 | 7,89 | 6,77 | >5 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | $DBO_5$ mg/L | <2 | <2 | 36 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| Coliformes Fecales | UFC/100ml | <1 | 42 | <1 | 370 | 370 | 30 | <50 |
| Nitratos | $N\text{-}NO_3$ mg/L | <0,25 | 1,42 | 0,40 | 0,67 | 0,53 | 0,32 | <0,40 |
| Fósforo | $P\text{-}PO_4$ mg/L | <0.05 | <0,01 | 1,0 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,12 |
| Arsénico Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Cadmio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Cromo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <50 |
| Mercurio Total | µg/ L | <0,001 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,2 |
| Plomo Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Aceites y Grasas | mg/L | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,5 |
| Detergentes | mg/L | <0,10 | <0,01 | 0,98 | 0,98 | 0,05 | 0,71 | <0,2 |
| Nitritos | mg/ L | 0,023 | 0,031 | 0,035 | 0,040 | 0,032 | 0,014 | <0,07 |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,40 |
| Aluminio | µg/ L | 90 | 410 | 420 | 900 | 51,1 | <1 | <100 |
| Cianuro | µg/ L | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <1 |

| Parámetro | Unidades | 2do Informe | 3er Informe | 4to Informe | 5to Informe | 6to Informe | 7mo Informe | Anteproyecto Clase 1-M[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cloro Residual | µg/ L | <10 | <10 | <0,010 | 160 | 70 | 50 | <10 |
| Cobre | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <5 |
| Flúor Total | µg/ L | 1030 | <10 | 280 | 1170 | 0,77 | 0,98 | <750 |
| Hierro Disuelto | µg/ L | <1 | 250 | 100 | <1 | 59 | <1 | <300 |
| Níquel | µg/ L | 10 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <25 |
| Selenio Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <10 |
| Zinc Total | µg/ L | <1 | <1 | <1 | <1 | 157,2 | 12 | <90 |
| Hidrocarburos Totales | µg/ L | <50 | <50 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <50 |
| Enterococos | UFC/ 100ml | <1 | 4,2 | <1 | <1 | <1 | <1 | <50 |

3.- Anteproyecto de Decreto Ejecutivo mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (Clase 1M) en la República de Panamá.

## 7. Discusión

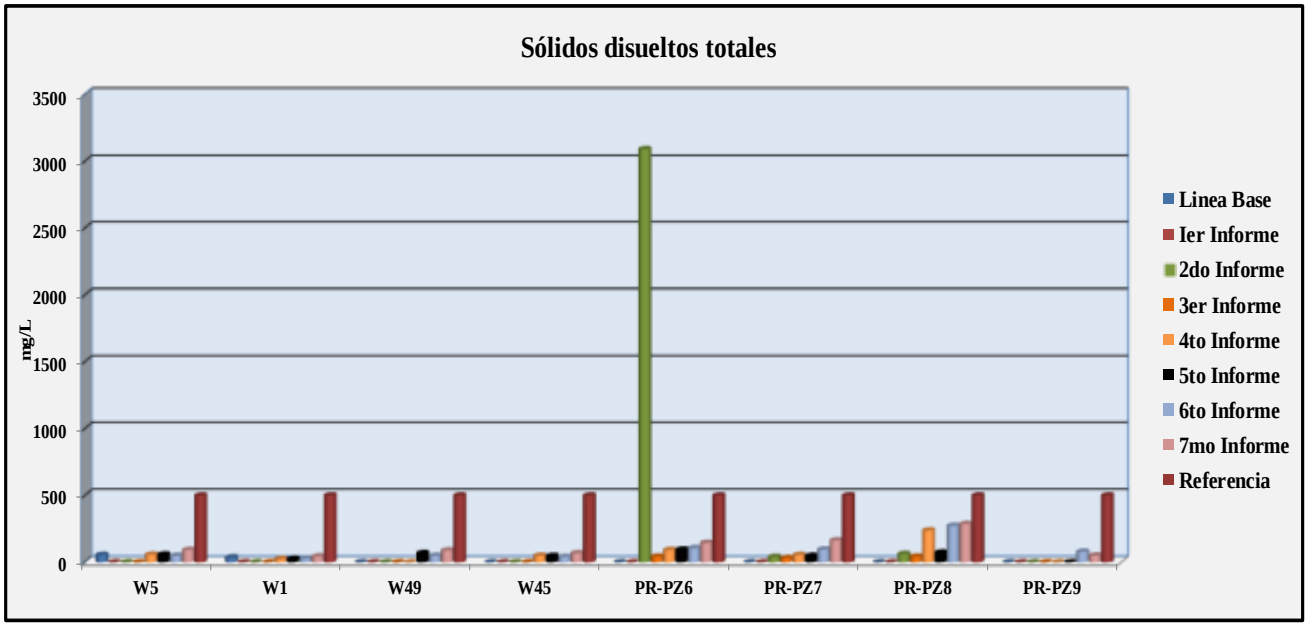
Los resultados obtenidos en las nueve muestras, se comparan con los límites máximos permisibles establecidos en el Anteproyecto de Decreto Ejecutivo el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales. Los sitios de muestreo (W-49, PR-PZ6, PR-PZ7, PR-PZ8 y PR-M1) fueron establecidos de acuerdo al avance de los trabajos en el Proyecto, por tanto no se cuenta con datos de línea base.

### 7.1. Puntos de muestreo de agua dulce (W-1, W-5, W-49, W-45, PR-PZ6, PR-PZ7, PR-PZ8 y PR-PZ9)

- **Sólidos Disueltos Totales**

Las muestras de aguas superficiales tomadas para determinar los niveles de sólidos disueltos totales en los puntos de muestreo W-1, W-5, W-49, W-45, PR-PZ6, PR-PZ7 y PR-PZ8 presentaron un aumento con respecto al informe anterior; sin embargo, éstos valores se mantienen por debajo del límite máximo permisible que establece la norma de referencia (Ver Gráfica 1). En el punto PR-PZ9 se presentó una disminución de los sólidos disueltos totales en comparación con el informe anterior.

Gráfica 1. Concentración de sólidos totales



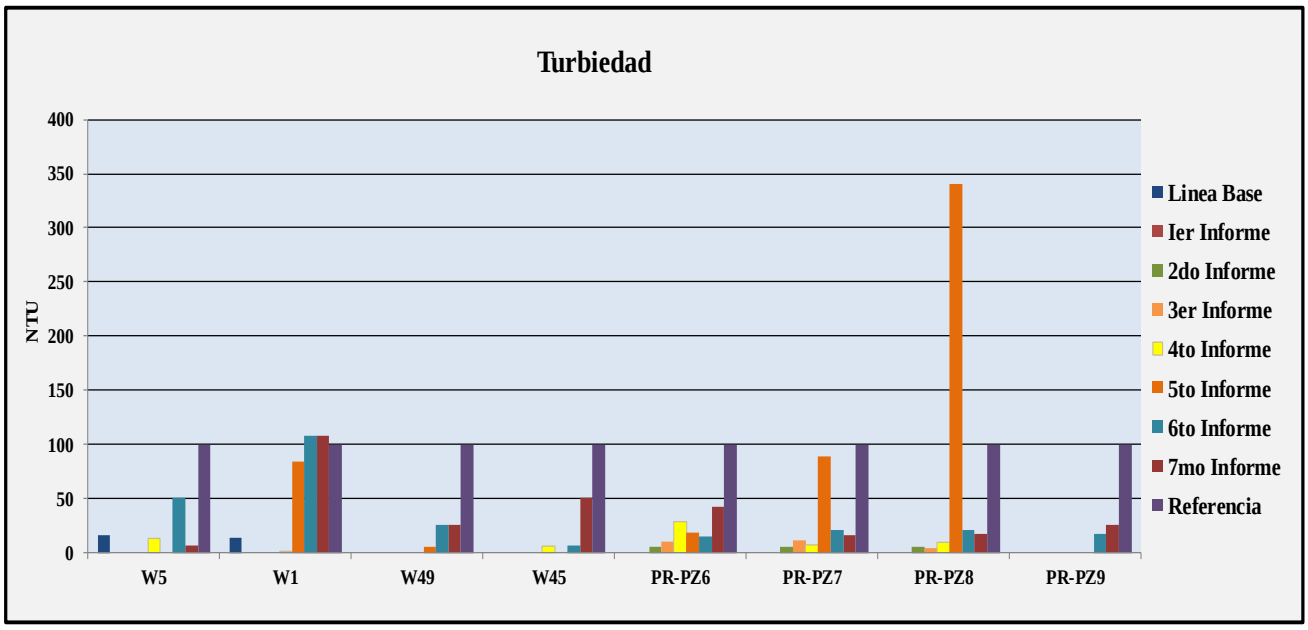

Fuente: CODESA, 2014.

- **Turbiedad**

En la Gráfica 2 podemos observar que el nivel de turbidez en el punto W-5 disminuyó considerablemente un 87.9% en comparación al informe anterior; en los punto W-1 y W-49 la concentración se mantuvo constante; mientras que en el punto W-45 se registró un aumento de 729% en comparación con el informe anterior.

Los puntos W-5 y W-49 se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido en la norma; mientras que el punto W-1 y W-45 sobrepasan el valor establecido en la normativa de referencia.

Gráfica 2. Valores de turbiedad por punto de muestreo



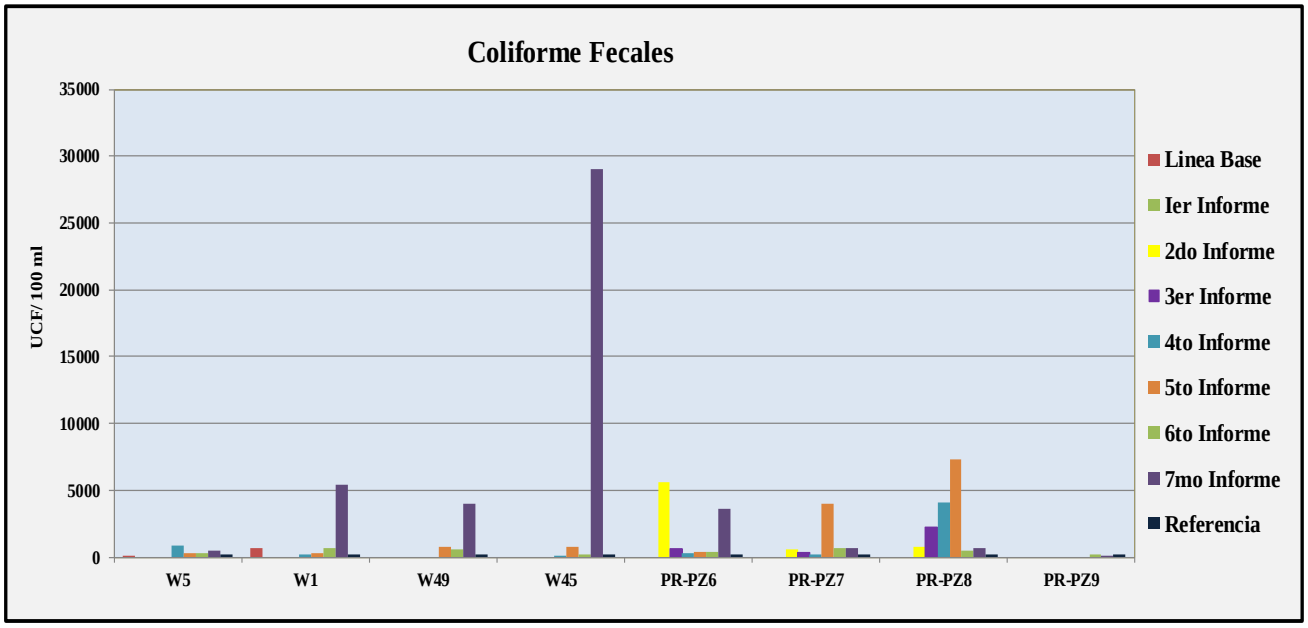

Fuente: CODESA, 2014.

- **Coliformes fecales**

En la Gráfica 3 se muestra el aumento en la concentración de coliformes fecales en comparación con el informe anterior de los puntos W-1, W-5, W-49, W-45, PR-PZ6, PR-PZ7 y PR-PZ8; los cuales sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la norma de referencia. Esta condición puede estar influenciada por el desarrollo de actividades antropogénicas (asentamientos humanos, ganadería y agricultura) cerca de los puntos de muestreo en sitio mina.

Por otro lado, se registró una disminución en el Punto PR-Z9 en comparación al informe anterior, lo que muestra que no existen descargas de aguas residuales domésticas a los cuerpos de agua.

Gráfica 3. Valores obtenidos en la concentración de coliformes fecales




Fuente: CODESA, 2014.

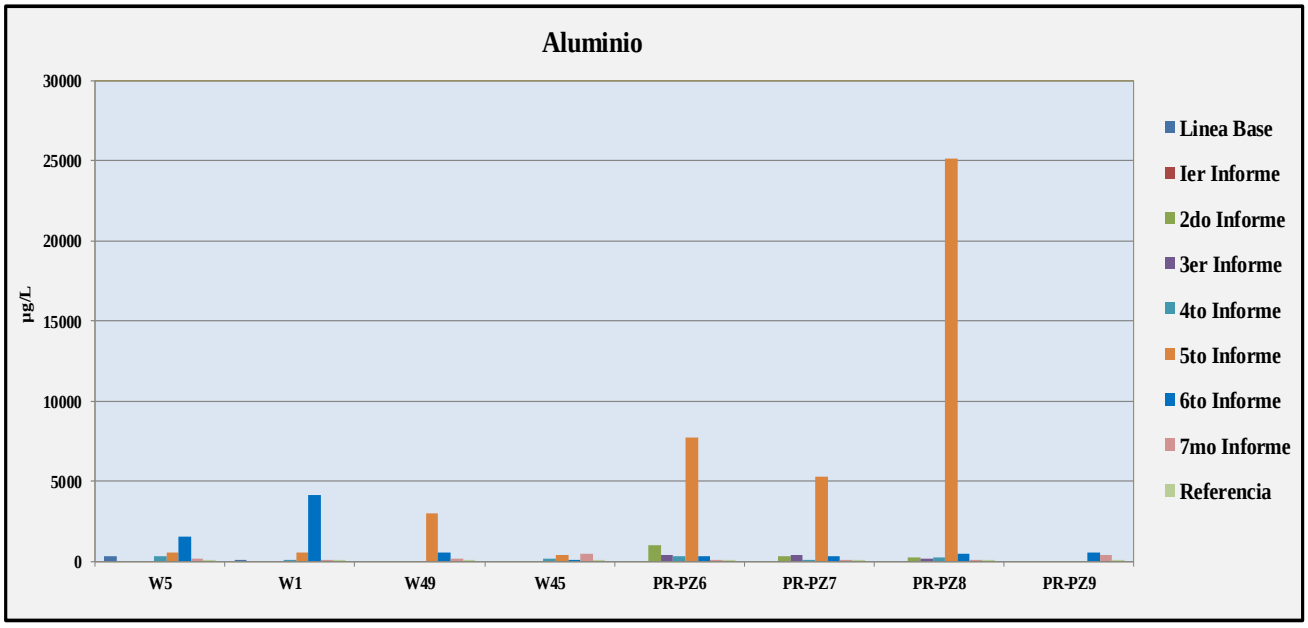
- **Metales pesados**

Los niveles de concentración de los metales pesados como el zinc, arsénico, cadmio, níquel y plomo evidenciaron niveles por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el Anteproyecto de referencia en todos los sitios de muestreo (Ver Tablas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9).

En los puntos W-5, W-49, W-45, PR-PZ9 se reflejaron concentraciones de Aluminio (Al) por encima de los límites máximos permisibles establecidos por el Anteproyecto de referencia. Esta condición pudo originarse por las constantes lluvias en el sitio y los trabajos de construcción y adecuación de caminos; mientras que en los puntos W-1, PR-PZ6, PR-PZ7 y PR-PZ8 los valores se encuentran por debajo de los límites de referencia (Ver Gráfica 4).

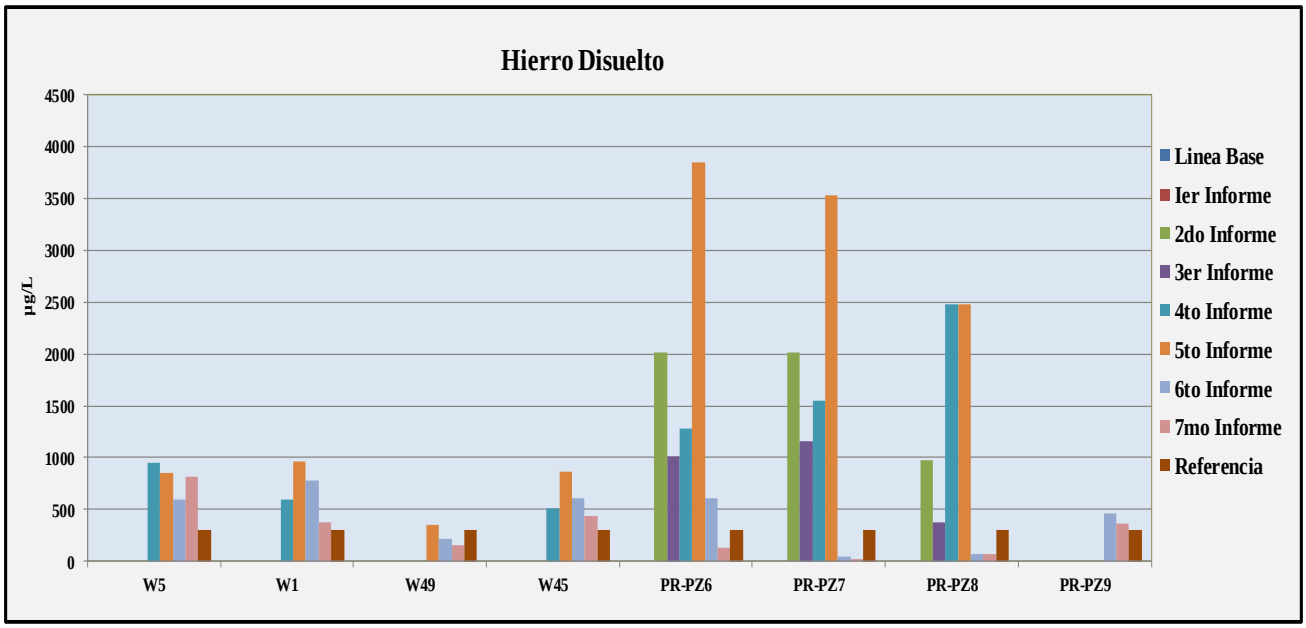
En la Gráfica 5 se puede observar que los niveles de Hierro Disuelto sobrepasan los límites establecidos en la norma en los puntos W-1, W-5, W-45 y PR-PZ9, lo cual pudo producirse por las precipitaciones que se presentaron días antes, en la zona; por otro lado, en los puntos W-49, PR-PZ6, W-45, PR-PZ7 Y PR-PZ8 los valores se mantuvieron por debajo del límite máximo establecido por la norma.

Gráfica 4. Valores obtenidos en la concentración de Aluminio




Fuente: CODESA, 2014.

Gráfica 5. Valores obtenidos en la concentración de Hierro Disuelto

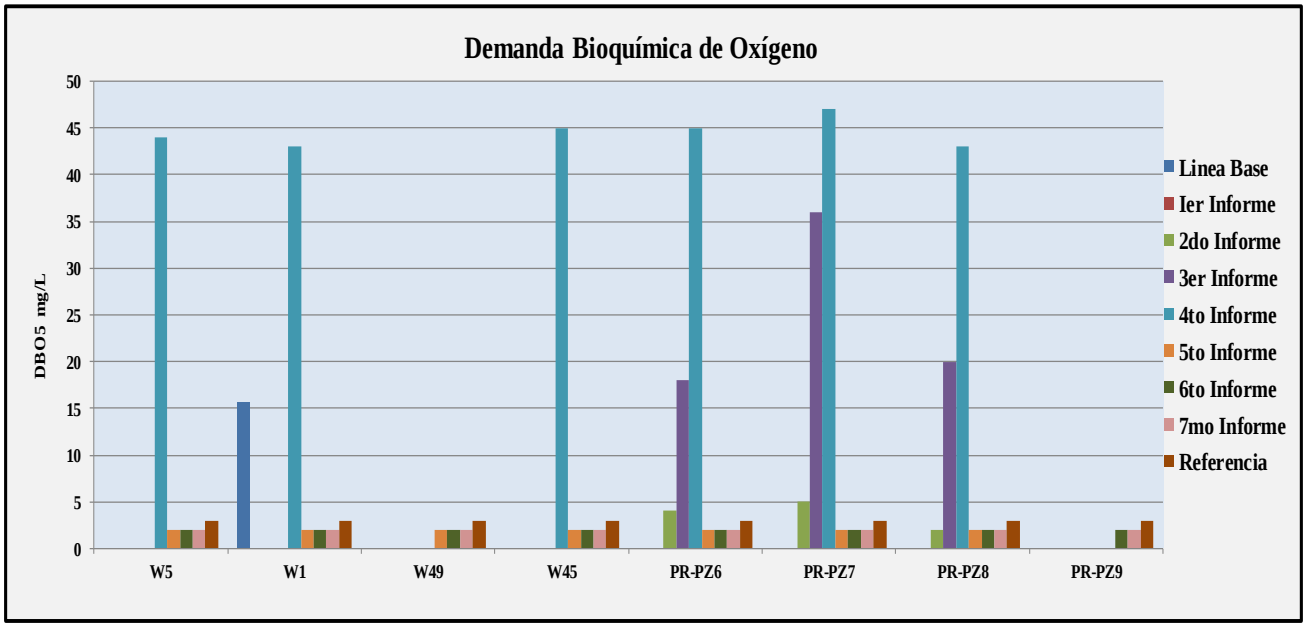



Fuente: CODESA, 2014

- **Demanda Bioquimíca de Oxígeno**

La Gráfica 6 muestra como la concentración de $DBO_5$ en todos los puntos de muestreo se encuentra por debajo del límite máximo permisible establecido en el Anteproyecto de Referencia, mediante el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (clase 1C) en la República de Panamá.

Gráfica 6. Valores obtenidos en la concentración de $DBO_5$



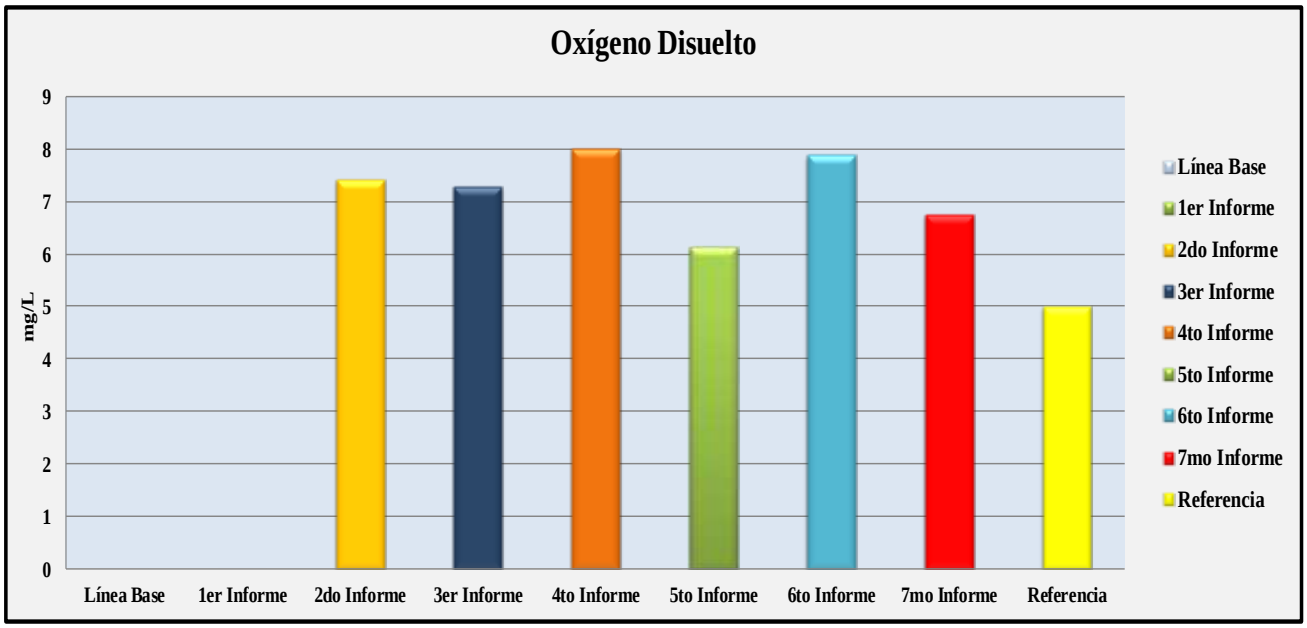

Fuente: CODESA, 2014.

Cabe mencionar que las concentraciones de cloro residual aumentaron considerablemente en los puntos W-5, W-49, W-45, PR-PZ6, PR-PZ8, este aporte probablemente este influenciado por los aportes de detergentes.

### 7.2. Punto de muestreo de agua de mar (PR-M1)

En la muestra obtenida en el punto PR-M1, el nivel de oxígeno disuelto se encuentra por encima del limite mínimo que establece el Anteproyecto de Decreto Ejecutivo por el cual se dictan las normas de calidad ambiental para aguas naturales (clase 1-M) (Ver Gráfica 7).

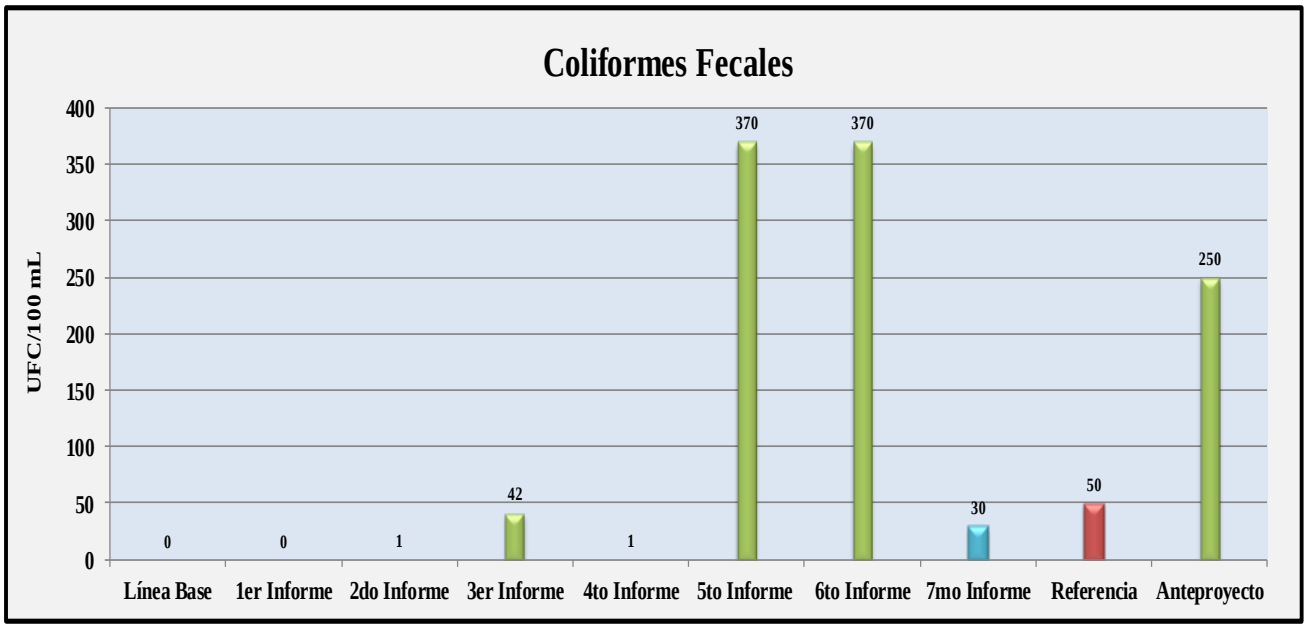
Gráfica 7. Valor obtenido en la concentración de oxígeno disuelto en el Punto PR-M1




Fuente: CODESA, 2014.

La concentración de coliformes fecales registró una disminución considerable con respecto al informe anterior, de manera tal que el valor obtenido se encuentra por debajo del límite máximo que establece el Anteproyecto de referencia (<50 UFC/100 ml) en el Punto PR-M1 (Ver Gráfica 8.). Esto puede ser producto de un mejor manejo de las aguas residuales en el área, ya que cuentan con una planta de tratamiento en el Campamento GAP a la cual se le realizan pruebas y calibraciones para tramitar el permiso de descarga correspondiente.

Gráfica 8. Valores obtenidos en la concentración de coliformes fecales en el Punto PR-M1




Fuente: CODESA, 2014

## 8. Conclusiones

MPSA implementa técnicas de bioingeniería de suelos para el control de la erosión y sedimentación en todas las áreas del Proyecto con el objetivo de disminuir el aporte de sedimentos a los cuerpos de agua (control de la erosión en taludes, cunetas, cauces). Para ello, se utilizan una serie de elementos constructivos (inertes y vegetales), con un comportamiento físico predecible.

Los niveles de coliformes fecales que sobrepasan el límite máximo permisible que establece el Anteproyecto de referencia; pueden ser producto de las lluvias que se presentaron en los días previos a la toma de muestra, lo que provoca el arrastre de materia orgánica y fecal (producido por la fauna del lugar) hacia los cuerpos de agua o en el caso del punto PR-PZ8 por la descarga de la planta de tratamiento que se encuentra cercana al sitio de toma de muestra.

Los altos niveles de Aluminio (Al) e Hierro Disuelto (Fe), pueden ser producto del arrastre de materia orgánica en descomposición y sedimentos, ricos en estos metales.

## 9. Recomendaciones

- Seguir con el muestreo de la calidad de las aguas superficiales que se encuentran en el área de Proyecto.

- Continuar con la implementación de las medidas contempladas en el Plan de Manejo Ambiental para el control de la erosión y sedimentación.

- Mantener la supervisión de la calidad de los cuerpos de agua cercanos a las áreas de construcción del Proyecto.

## 10. Bibliografía

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2011. Resolución DIEORA IA-1210-2011. Proyecto *"Mina de Cobre Panamá"*. República de Panamá.

- Corporación de Desarrollo Ambiental, S.A. 2008. Estudio de Impacto Ambiental Categoría I, Proyecto Campamento Temporal de Minera Panamá, S.A. (Proyecto Cobre).

- Golder Associates. 2010. Estudio de Impacto Ambiental y Social Categoría III. Proyecto *"Mina de Cobre Panamá"*. República de Panamá.

- Hakanson L., Parparov A., Ostapenia A., Boulion V.V., Hambright K.D. 2000. Development of a system of water quality as a tool for management. Final report to INTAS. Uppsala University, Department of Earth Science: 19, 7-11.

- MEF (Ministerio de Economía y Finanzas). 2007. Anteproyecto de Decreto Ejecutivo de las normas de calidad ambiental para aguas naturales. Panamá. 22 pp.

- MICI (Ministerio de Comercio e Industrias). 1999. Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 21-393-99. AGUA. Calidad de Agua. Toma de Muestra. Resolución N$^{o}$ 596 del 12 de noviembre de 1999. Panamá.

- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005.

# Anexos

# Anexo 1.

## Imágenes de la toma de muestras de agua superficial

Imágenes 1 y 2. Toma de muestra en el Punto W-5 (0541993 E; 0976776 N)

Imágenes 3 y 4. Toma de muestra en el Punto W-1 (0533153 E; 0977272 N)

Imágenes 5 y 6. Toma de muestra en el Punto W-49 (0538526 E; 0976843 N)

Imágenes 7 y 8. Toma de muestra en el Punto W-45 (0539258 E; 0981572 N)

Imágenes 9 y 10. Toma de muestra en el Punto PR-PZ6 (0533441 E; 0995960 N)

Imágenes 11 y 12. Toma de muestra en el Punto PR-PZ7 (0533365 E; 0995715 N)

Imágenes 13 y 14. Toma de muestra en el Punto PR-PZ8 (0533351 E; 0995620 N)

Imágenes 15 y 16. Toma de muestra en el Punto PR-PZ9 (0533216 E; 0995484 N)

Imágenes 17 y 18. Toma de muestra en el Punto PR-M1 (0533324 E; 0996123 N)

# Anexo 2

## Resultados de los análisis de laboratorio